


льної професійної діяльності. Дійсно, інформаційним середовищем навчального процесу є конспект лекцій, методичні вказівки, навчальні посібники, підручники, монографії т.п., тоді як інформаційне середовище професійної діяльності – стандарти (від державних до локальних, що діють лише у рамках визначеного підприємства), керівні вказівки конструктору, технологу підприємства, звіти з нещодавно закінчених науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, інформація про науково-технічні досягнення, патенти та промислові зразки, матеріали періодичних видань, конференцій з даної галузі знань. Від раціональності, компромісності вирішення вказаних протиріч в значній мірі залежить період адаптації випускника ВТНЗ в професійному середовищі, період становлення його активної позиції до виконання реальних проектно-дослідницьких робіт;

- створення нової системи моніторингу якості освіти, яка, окрім традиційних питань перевірки засвоєння знань, має включати завдання, що дозволяють визначити ступінь залучення студента до цілісної сфери майбутньої професійної діяльності, ставлять його в умови промисловості, для якої він готується.

Перехід від дисциплінарної освітньої моделі до компетентнісної є сут-

View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk

brought to you by  **CORE**

provided by Electronic Archive of Kyiv Polytechnic Institute

успішне завершення цього процесу, неможливе повноцінне інтегрування в освітній простір Європейської (а, рівно, і світової) спільноти.

Ключові слова: вища освіта, вища технічна освіта, методологія вищої технічної освіти	
Зиньковский Ю.Ф., Мирских Г.А.	Zinkovskiy J.F., Mirskikh G.A.
Анализируется понятие компетентности технического специалиста. Рассматриваются основные условия перехода от дисциплинарной к компетентностной образовательной модели	The concept of competence of the technical expert is analyzed. The basic conditions of transition from discipline to competence of educational model are considered

УДК 535.1

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТЛУМАЧЕННЯ ФЕНОМЕНУ ДИФРАКЦІЇ СВІТЛА

Дем'яненко П.О., Зінковський Ю.Ф.

Розглянуті питання методологічного тлумачення феномену дифракції світла з врахуванням того, що світловий потік є потоком фотонів.

Вступ

Встановлення факту корпускулярно-хвильового дуалізму будови матерії і розробка математичного апарату квантової механіки для опису його проявів відбулося в історії фізики порівняно недавно. Це стало закономірним результатом вивчення і встановлення принципів внутрішньої будови атомів речовини. Як з'ясувалося, поняття корпускулярно-хвильового дуалізму є універсальним принципом будови матерії і стосується воно як час-

тинок матерії-речовини, так і частинок матерії-енергії, зокрема й електромагнітних (ЕМ) квантів. Таким чином, з'явилася можливість надання належного тлумачення поведінці будь-яких корпускулярних чи квантових ансамблів і, зокрема, розв'язати проблему давнього антагонізму корпускулярної та хвильової гіпотез світла.

Витоки цієї проблеми простежуються ще з XVII ст. і обумовлена вона неоднозначністю тодішнього розуміння природи світла. Ньютон вважав, що світло є потоком певних *світлових корпускул*, а Гюйгенс – що світло розповсюджується у вигляді певних *світлових хвиль*. І при цьому обидва вони спиралися на переконливі докази:

– прямолінійність розповсюдження світлових променів та можливість поширення їх у порожнечі (вакуумі) – так поводити себе можуть *тільки світлові корпускули*;

– дифракція світла, інтерференція світлових променів – так поводити себе можуть *тільки світлові хвилі*.

Наведене обумовило формування своєрідної ситуації: розгляд явищ дифракції чи інтерференції світла проводять виключно на основі хвильових уявлень, а при розгляді явищ фотоефекту, чи фотохімічної дії світла, користуються уявленнями про нього, як про потік квантів ЕМ енергії (фотонів). При цьому і відповідні математичні моделі, створені для опису цих проявів, також є самодостатніми і не виказують потреби у взаємозв'язку.

І хоча поєднання в єдиній сутності таких несумісних ознак як *корпускулярність* (що є притаманною суто *матеріальним частинкам*) і *хвиля* (ця ознака є характеристикою *процесу* коливального розповсюдження енергії в пружному *середовищі*) видається, на перший погляд, неможливим і сьогодні, однак факти переконують, що саме так воно і є. Світло, як *цілісне* природне явище, *органічно поєднує в собі* і хвильові, і корпускулярні властивості, в чому, власне, і полягає корпускулярно-хвильовий дуалізм світла.

Звернемо увагу на проблему методологічного тлумачення проявів корпускулярно-хвильового дуалізму світла, з огляду на те, що в підручниках фізики при викладанні курсу оптики і досі використовуються уявлення про світло, ґрунтовані на засадах XIX ст. Проілюструємо це прикладом класичного тлумачення явища дифракції світла. Нагадаємо коротко суть експерименту: якщо на шляху лазерного променя поставити плоску дифракційну ґратку (ДГ), то на екрані за нею буде спостерігатися звична картина – низка інтерференційних максимумів, створюваних продифрагованим на ДГ світловим потоком. Розташування цих максимумів в площині екрану визначається виразом: $d \sin \theta_m = m \lambda$ ¹⁾, який є результатом не-

¹⁾ тут d – крок ДГ; λ – довжина світлової хвилі; m – порядковий номер дифракційного максимуму, якщо рахувати їх від "нульового", того, що лежить на лінії падіння променя на ДГ; θ_m – кут між променями, що формують нульовий і m -й дифракційні максимуми

складного математичного опрацювання ідеї принципу Гюйгенса-Френеля (ПГФ): *будь-яку точку простору, якої досягла світлова хвиля, можна розглядати, як джерело вторинних, сферичних, когерентних світлових хвиль.*

І хоча використання ПГФ в даному випадку бездоганно описує результат експерименту, ситуація в цілому, на наш погляд, є незадовільною. Адже:

- в природі *немає (і бути не може)* точкових джерел світла, а, відповідно, *немає* і сферичних, когерентних світлових хвиль;
- світлове випромінювання *не є* континуальним, воно генерується окремими квантами (порціями) ЕМ енергії – *фотонами*, які із-за скінченної швидкості розповсюдження є *дискретними* (обмеженими, просторово і в часі) *утвореннями*, що мають певні напрямки розповсюдження.

Таким чином, тлумачення природного феномену дифракції світла як *дифракції світлових хвиль*, не просто не відповідає сучасним уявленням про природу світла, а є, до деякої міри, навіть шкідливим, в тому сенсі, що не те, що не сприяє розвитку і формуванню у студентів вірних світоглядних уявлень, а навпаки затьмарює їх свідомість хибними уявленнями. Виходячи з цього, дамо належне тлумачення поведінки фотонів при проходженні їх через ДГ. Але спочатку розглянемо властивості самих фотонів.

Фотон як матеріальна частинка

Формально фотон можна розглядати як елементарну частинку матерії в одній шерензі з іншими. Логічно припустити, що поняття довжини хвилі має і для нього такий же сенс, як і де-Бройлівська довжина хвилі для інших мікрочастинок. Skorистаємось в нашому розгляді рівнянням Шрьодінгера, яке для вільної частинки має вигляд [1]:

$$i\hbar \frac{d\Psi}{dt} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi \quad (1)$$

тут i – уявна одиниця; Δ – диференціальний оператор Лапласа (для одновимірного руху частинки, наприклад, вздовж осі x : $\Delta = d^2/dx^2$); решта позначень загальноприйняті. Хоча б елементарною підстановкою і з урахуванням того, що для вільної частинки енергія E є енергією її руху ($E = p^2/2m$), можна переконатися, що розв'язком (1) є Ψ -функція:

$$\Psi(x, t) = A \exp \left[-\frac{i}{\hbar} (Et - px) \right]. \quad (2)$$

Якщо використати відомі з квантової фізики співвідношення між параметрами частинки і хвилі ($E = \hbar\omega$ – формула Планка та $p = \hbar k$ – співвідношення де-Бройля), то із (2) отримаємо:

$$\Psi(x, t) = A \exp \left[-i(\omega t - kx) \right] = A \exp \left[-2\pi i \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \quad (3)$$

Отриманий результат є вельми значимим, адже вираз (3) для $\Psi(x,t)$ є розв'язком рівнянь Максвелла для електричної та магнітної складових напруженостей полів в плоскій біжучій ЕМ хвилі, що розповсюджується вздовж осі x , (тут A – амплітудне значення цих напруженостей). В цій відповідності вбачається глибокий фізичний сенс: рівняння (1), початково записане для фотона, як частинки матерії, виявилось вірним і для його іпостасі як ЕМ (світлової) хвилі.

Відразу ж зауважимо і на очевидну невідповідність фізичних сенсів, закладених в останні два рівняння. В рівнянні (2) енергія фотона, як кванта ЕМ енергії, визначається його *частотою*, як це витікає з формули Планка ($E = \hbar\omega$); зауважимо, що енергія (частота) входить до складу *аргументу* експоненти. Згідно ж з фізичним сенсом рівняння (3) – енергія ЕМ (світлової) хвилі визначається квадратом її *амплітуди*, тобто множником A , що стоїть *перед* експонентою. Частотою ж, яка, як і в рівнянні (2), входить до складу аргументу експоненти, тут визначається лише період часових осциляцій хвилі ($T=2\pi/\omega$), який в класичному тлумаченні рівняння (3) жодним чином не пов'язується з енергією хвилі. Схожим чином можна прокоментувати і ситуацію з другим доданком в експоненті: якщо в рівнянні (2) – імпульс фотона визначає довжину його хвилі ($p=\hbar/\lambda$ – співвідношення де-Бройля), то в рівнянні (3) – хвильовий вектор ($k=2\pi/\lambda$) визначає лише період просторових осциляцій ЕМ хвилі і *не є* кількісною мірою руху матерії.

Отриманий результат дозволяє тлумачити поняття *довжини хвилі* і для фотона так само, як і для будь-якої іншої частинки матерії, тобто, як *параметр Ψ -функції*. Відомо, що сама Ψ -функція фізичного сенсу не має – його набуває квадрат її модуля. Саме ним визначається *густина ймовірності виявити частинку в даній точці простору в даний момент часу* або, іншими словами, – *густина ймовірності існування частинки в цій точці простору в цей момент часу*.

Зауважимо, що коли мовиться про “точку простору”, то під цим слід розуміти не “математичну точку”, що не має просторових розмірів, а “фізичну точку”, яка має певний об'єм, де може розміщуватись, наприклад, та ж молекула $AgBr$, що здатна, поглинути енергію фотона. Подібно слід розуміти і “момент часу” – це не *мить*, позбавлена часової протяжності, а *інтервал часу*, достатній для здійснення енергетичної взаємодії фотона з атомом (молекулою) речовини.

З точки зору класичної фізики, з її жорсткими уявленнями про детермінізм в явищах природи, фізичний сенс Ψ -функції може видатися дещо примарним – вона не в змозі дати *конкретної* відповіді про координати частинки в даний момент часу. Однак, не варто вважати, що квантова механіка, порівняно з класичною, дає “менш точний” опис руху частинки. Квантова механіка не визначає лише того, чого в мікросвіті справді *немає*, наприклад, тих же точних координат частинки. Це означає, що автоматично

втрачається сенс говорити і про радіус-вектор переміщення мікрочастинки, і про траєкторію її руху, і про всі величини, що визначаються, як похідні часових змін її координат (швидкість, прискорення, сили взаємодії, тощо). Але саме завдяки ймовірнісному сенсу Ψ -функції, вдається уникнути фундаментальної суперечності між квантово-дискретними принципами будови і поведінки мікрочастинок матерії і способом опису цих принципів за допомогою диференціальних рівнянь, взятих із арсеналу засобів опису поведінки макрооб'єктів, будова і поведінка яких *a priori* вважаються континуальними в часі і в просторі.

Таким чином, експериментальний факт реєстрації фотона в даній точці простору, в даний момент часу, означає практичну реалізацію ймовірності перебування його в даній точці простору в даний момент часу. Результатом такої "реалізації" буде те, що фотон, як такий, після цього просто перестає існувати, він зникає. Ситуація, отже, виглядає так: допоки ми фотона не виявили, то він *десь є* – існує в просторових і часових координатах, переносить енергію. Втім, про те *де* і *як саме* він *є* (і в чому, власне, полягає процес його *буття*) ми можемо говорити лише у *ймовірнісному сенсі* і тут в принципі не може бути жодної конкретики. Лише виявивши фотона можна отримати конкретні знання про нього і синонімом до слова "виявити" тут завжди буде слово "знищити" (що, до речі, є логічним результатом спроби "зупинити хвилю", котра, як процес, без руху немислима). Отримати ж інформацію про фотона якимось іншим чином (так, щоб не зашкодити його існуванню) є принципово неможливим, бо отримати *інформацію* про об'єкт дослідження завжди означає тільки одне: тим, чи іншим чином отримати від нього *сигнал*, тобто відібрати від нього *енергію*. У випадку з макрооб'єктом це можна легко зробити і, щонайменше, двома шляхами: або відібрати від нього певну долю його *власної* енергії, або ж примусити його до *енергетичної взаємодії* з якимось енергетично ємним сенсором-досліджувачем. Очевидно, що в обох випадках ця доля енергії запевне має бути достатньо великою для того, щоб мати змогу отримати однозначну інформацію про характеристики об'єкта, наприклад, про параметри його руху. Водночас, ця ж доля енергії має бути запевне достатньо малою, щоб не припуститися суттєвих спотворень параметрів існування самого досліджуваного об'єкта (тих же, параметрів його руху). В макросвіті, наприклад, ми без жодних проблем для себе і для досліджуваного об'єкту можемо визначати параметри його поведінки, наприклад, спостерігаючи або реєструючи відеокамерою політ освітленого сонцем літака. Щоб зробити це ж вночі, ми змушені будемо якимось чином "візуалізувати" його, наприклад, освітивши його прожектором, або ж визначати параметри його руху за допомогою радіолокатора – очевидно, що і в цьому разі жодних відчутних спотворень параметрів руху літака не станеться.

Однаке, жоден з цих способів отримання інформації є неприйнятним у

разі спроби визначення параметрів руху фотона. Бо, по-перше, фотон, як квант ЕМ енергії, є *неподільним* – енергію від нього можна відібрати або тільки всю і відразу (після чого він просто припиняє своє існування, бо він, власне, і був тією енергією), або ж зовсім нічого не відбирати (в цьому разі фотон продовжить своє існування, але ж і ми не отримаємо жодної інформації про нього). А по-друге – енергія окремого фотона є настільки малою, що навіть коли її відібрати всю і відразу, то і тоді її вистачить, хіба що на ініціювання фотохімічної реакції в одній-єдиній молекулі, або ж на "вибивання" одного-єдиного фотоелектрона. Зауважимо, що в обох випадках "детектування фотона" йдеться виключно про його *енергетичну* взаємодію з речовиною "детектора". Зрозуміло, що при цьому інформація про хвильові параметри фотона просто не сприймається.

Тепер щодо фотона, як матеріальної частинки. Оскільки він є згустком ЕМ енергії, то він є матеріальною частинкою. Але, допоки ми його не "виявили", сам він про себе не надасть нам жодної інформації. І коли він пролетить мимо "невиявленним", то ми про нього вже ніколи і нічого не зможемо дізнатися: чи був він, власне, чи ні? Для нас це рівнозначно відсутності його, як об'єктивної реальності, бо він не подіяв на наші органи чуття. В порожнечі повз нас можуть проноситися енергетично як завгодно потужні потоки фотонів, але про їх існування ми і здогадуватися не будемо. А те відчуття океану різнобарвного світла, що заливає нас ясного сонячного дня, породжується множинністю форм матерії навколо нас, що неоднаково розсіюють світло в спектрально різних його ділянках.

На жаль, розширити поняття матерії так, щоб і виявлені нами її елементи також підпадали під це поняття, не уявляється можливим, бо матерію ми сприймаємо виключно як результат її дії на наші органи чуття. Саме тому, класична наука ґрунтується виключно на *експериментальних* фактах і лише *експериментальні* дослідження вважає єдино надійним інструментом пізнання природи. З цієї причини наука не розглядає такі "модні" теми, як екстрасенсорика, парапсихологія, телепатія, тощо – науковці не мають відповідних інструментів для *експериментального* дослідження цих явищ.

Дифракція фотонів

В результаті реєстрації окремого фотона можна отримати інформацію лише про його просторові координати на момент виявлення та ще про його енергію (частоту). Інформація ж про інші його хвильові параметри (фаза коливань, орієнтація площини поляризації, напрямок розповсюдження) при цьому втрачається. В зв'язку з цим виникає низка запитань. А чи пригнітання взагалі окремим фотонам параметри світлової хвилі, які визначаються з експериментів по дифракції чи інтерференції світлових потоків? Якщо *так*, то *яким чином* формуються хвильові параметри світлового потоку, який є ансамблем із величезної кількості окремих фотонів?

Поміркуємо над цим, виходячи саме з факту комплементарності

світлового потоку. Подібно тому, як при просуванні від висот масштабів макросвіту до глибин мікросвіту, ми змушені були перейти від звичного нам континуального сприйняття матерії до усвідомлення факту дискретності її будови, то так само і у випадку ЕМ хвилі стає зрозумілим, що хвиля здається нам певним континуумом лише при її макроенергетичному сприйнятті. Якщо ж по шкалі енергії спускатися вниз, до рівня мікроенергетичного сприйняття хвилі, то вона також виявляє дискретність своєї будови – ЕМ хвиля, як енергетичний потік, є такою, що складається з окремих квантів ЕМ енергії, тобто, а отже, є *дискретною* і енергетично, і просторово, і у часі. До речі, саме цей факт дозволяє логічно несуперечливим чином сприйняти сутність корпускулярно-хвильового дуалізму ЕМ випромінювання загалом і світла, зокрема. Суттєвою відмінною в квантуванні матерії і ЕМ енергії є те, що, як показує попередній досвід, не існує обмежень на величину енергії ЕМ кванта.

Довжина хвилі фотона, яка визначається просторовим періодом осциляції його Ψ -функції, одночасно визначає і розміри просторової області локалізації енергії ЕМ збурення, де, власне, і існує реальна величина ймовірності виявлення фотона. Очевидно, розміри цієї області на кілька порядків перевершують розміри тієї ж молекули $AgBr$, здатної поглинути енергію фотона і тим самим надати нам інформацію про нього. Це означає, що впевнено можна стверджувати лиш те, що серед багатьох інших саме цій, конкретній, молекулі вдалося поглинути енергію цього фотона. Отже, встановлення факту поглинання енергії фотона молекулою дає змогу отримати лише наближені висновки про його просторову локалізацію і не дає конкретної інформації про його просторові розміри. А такі звичні параметри світлової хвилі як її довжина чи фаза, що реєструються в експериментах (наприклад, в досліді з ДГ), визначаються як підсумковий результат дії величезної кількості окремих фотонів, що входили до складу цієї хвилі (потіку).

Аби скласти цілісне уявлення про можливості *дифракції окремого фотона*, необхідно реалізувати всі можливі варіанти прояву його поведінки після проходження ним ДГ. Для проведення “чистого експерименту” бажано було б примусити *один і той же фотон* багаторазово дифрагувати *повторно*, реалізуючи щоразу один із множини усіх можливих варіантів ймовірності його поведінки, яка визначається квадратом модуля його хвильової функції. Зрозуміло, що провести подібний експеримент, навіть подумки, неможливо. Реальною альтернативою такому експерименту може бути дифракція великої кількості *ідентичних* фотонів. За такої умови можна забезпечити можливість реалізації ймовірності всіх потенціальних варіантів виявлень *одного* фотона. Практично здійснити це можна двома способами – “швидким” а) і “повільним” б):

а) – спрямувати на ДГ інтенсивний потік монохроматичного лазерного випромінювання (вважаючи при цьому всі фотони в потоці *ідентичними*) і

швидко отримати бажаний результат;

б) – спрямовувати на ДГ *ідентичні* фотони *поодиночі* і протягом тривалого часу інтегрувати окремі результати їхньої дії.

Перший випадок вже згадувався нами на початку цієї статті. Для ілюстрації другого випадку проведемо паралель з відомим експериментом по реєстрації картини інтерференції, створюваної продифрагованим на кристалічній ґратці металу потоком *електронів*, ослабленим по інтенсивності так, що електрони в область інтерференції надходили поодиночі. Якщо ослабити світловий потік, що падає на ДГ, настільки, щоб в область інтерференції фотони також надходили поодиночі, то реєструючи їх сумарну дію, наприклад, фотографічно, ми спочатку не побачили б у послідовно створюваній фотографічній картині жодної закономірності. Лише після тривалої експозиції на фотопапері почала б проступати звична інтерференційна картина, яку вже можна було б описати відомим виразом, наведеним на початку даної статті, звично використовуючи при цьому поняття фази та довжини світлової хвилі.

Підсумуємо все це такими словами. При проходженні світлового потоку через ДГ, взаємодія з нею кожного окремого фотона ("дифракція фотона") відбувається так, як би він був там один – результат проходження окремого фотона через ДГ не залежить від присутності там інших фотонів. Усвідомлення цього, дозволяє відкинути можливе припущення, що хвильові властивості потоку ЕМ квантів виникають внаслідок дії "колективного ефекту", тобто, вони породжуються *взаємодією* множини фотонів між собою. Це не так. Хвильові властивості притаманні саме кожному окремому квантові і кожний окремий фотон при взаємодії з ДГ виявляє себе як повноцінна хвиля, незалежно від того, чи дифрагує він "на самоті", чи "в компанії".

Після акту дифракції кожний окремий фотон вже несе в собі всю інформацію про повну дифракційну картину, яка має створитися на екрані за ДГ. Але один продифрагований фотон сам створити її просто ("фізично") не в змозі – все, на що він реально здатний, це відтворити в межах екрану один-єдиний дрібний фрагмент цієї картини. І лише величезна кількість ідентичних фотонів своєю спільною дією здатна реалізувати всі можливі варіанти ймовірностей поведінки одного фотона і створити таким чином на екрані повну інтерференційну картину, яку можна тлумачити також і як результат уявної багатократної дифракції на ДГ одного і того ж фотона.

Зауважимо, що тепер вже самé використання термінології хвильової оптики для опису результату проходження окремих фотонів через ДГ викликає певний спротив. І якщо, наприклад, словосполучення, "*дифракція фотонів*", може ще не викликати відвертого несприйняття (врешті фотон є осцилюючим згустком ЕМ енергії і його відхилення від прямолінійного розповсюдження при проходженні ним ДГ можна припустити), то щоб

дотримуватися хвильової термінології і надалі, ми вже змушені будемо говорити, що після проходження ДГ *фотон інтерферує сам із собою*, тобто ППФ є феноменологічною моделлю, яка, зрозуміло, була створена без врахування принципу корпускулярно-хвильового дуалізму матерії, але дозволяє вірно обраховувати результати експерименту.

Підсумок

Обмежена програма фізики в школі не дозволяє формувати у випускників цілісної системи уявлень про світло, яка відповідала б сучасному рівню знань, є необхідною спеціалістам для плідної роботи в багатьох галузях виробництва. Подальше формування належного рівня знань майбутніх спеціалістів є задачею вищої школи і вона має розв'язуватися при викладанні студентам дисциплін, які потребують більш глибокого розуміння проблемних питань радіофізики, оптики. Для радіоелектронних спеціальностей це, зокрема: оптоелектроніка, оптичний зв'язок, волоконна оптика, мікроелектроніка, нанотехнології, лазерні технології, тощо.

Література

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Уч. пособие для вузов. в 10 т., т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория). М.: Наука, 1989.

Ключові слова: дифракція світла, потік фотонів, методика викладання фізики	
Демяненко П.А., Зинковский Ю.Ф.	Demjanenko G.A., Zinkovskiy J.F.
Методологические аспекты трактовки феномена дифракции света	Methodological aspects of treatment of a phenomenon of light diffraction
Рассмотрены вопросы методологического толкования феномена дифракции света с учетом того, что световой поток – поток фотонов	There is considered a methodological explanation of phenomena of light diffraction with taking into account that light flow is photon flow

УДК621.396.001.2

КУРС „ЕРГОНОМІКА ТА ДИЗАЙН РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ” - СКЛADOBA ДИДАКТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ-РАДІОКОНСТРУКТОРІВ

Гнітецька Т.В., Гнітецька Г.О., Мурашко А.В., Шушунів І.В.

Стаття присвячена проблемі підвищення якості професійної підготовки студентів-радіоконструкторів шляхом формування у них компетенцій в галузі дизайну-ергономічного проектування та комп'ютерного моделювання.

Успішність економічного та культурного розвитку країни в значній мірі залежить від рівня матеріальної культури, за яким оцінюють ступінь розвитку суспільства. Європейське Екологічне Співтовариство призвало у 1994 році всі європейські країни активно підтримувати розвиток досліджень в галузі дизайну в усіх сферах соціальної діяльності. Система вищої технічної освіти повинна приймати активну участь у розробці поставленої проблеми, що буде сприяти підготовці інженерів в галузі технічного виробництва.

Вихідні положення формування курсу

Сучасний етап розвитку дидактики вищої школи характеризується удосконаленням технологій навчального процесу за рахунок впровадження інформаційних технологій. Використання комп'ютерних інформаційних